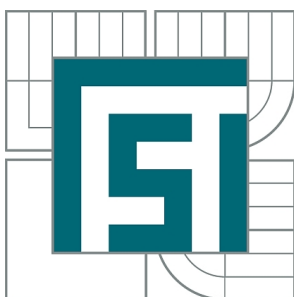


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

# POSTUPY PŘI ŘEŠENÍ PORUCH KLIMATIZAČNÍCH SOUSTAV LETOUNU

OPERATIONAL PROCEDURES AT FAILURES OF AIRCRAFT AIR-CONDITIONING SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

JAN VESELÝ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. KAREL TŘETINA, CSc.

BRNO 2012



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Letecký ústav

Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Jan Veselý

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Profesionální pilot (3708R030)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Postupy při řešení poruch klimatizačních soustav letounu**

v anglickém jazyce:

#### **Operational Procedures at Failures of Aircraft Air-conditioning Systems**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Při narušení bezpečnosti letu poruchou činnosti klimatizační soustavy, je nezbytné mít připraveny postupy, které řeší vzniklou mimořádnou situaci v průběhu letu. Pro vybranou kategorii a typy letounů uveďte možné důsledky poruchy v činnosti klimatizační soustavy na cestující a posádku letadla. Práce bude zaměřena na postupy posádky při řešení vysazení jednotlivých částí a vybraných prvků klimatizační soustavy letounu pro zajištění bezpečného letu.

Cíle bakalářské práce:

V průběhu letu mohou nastat mimořádné situace, které jsou způsobeny nesprávnou činností nebo vysazením některých částí klimatizační soustavy letounu. Cílem bakalářské práce je vypracovat postupy posádky při obnově požadované bezpečnosti letu pro vybrané poruchy v činnosti klimatizační soustavy letounu.

Seznam odborné literatury:

- [1] Technické popisy vybraných letounů
- [2] Předpisy CS-23, CS-25
- [3] Předpis CS-OPS-1
- [4] Provozně technické příručky vybraných typů letounů
- [5] Formulář pro hlášení z letu

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Karel Třetina, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 21.11.2011

L.S.

---

prof. Ing. Antonín Pištěk, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

**Abstrakt:**

Práce se zabývá funkcí klimatizačního systému vybraného typu letounu. Uvedeny jsou základní principy klimatizační soustavy, činnost systému při poruše, možné vlivy poruchy systému na posádku a cestující a postupy posádky v případě poruchy systému.

**Klíčová slova:**

turbochladič, směsná jednotka, vypouštěcí ventil, bezpečnostní ventil, kabinová výška,

**Abstract:**

Work deals with function of air-conditioning system in chosen type of aircraft. Basic principles, behavior during fail condition and possible influence on crew and passengers during fail condition are analyzed in the thesis.

**Key words:**

pack unit, mixer unit, outflow valve, safety valve, cabin altitude

## **Bibliografická citace:**

VESELÝ, J. *Postupy při řešení poruch klimatizačních soustav letounu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. XY s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Karel Třetina, CSc..

## **Prohlášení:**

Já, Jan Veselý, prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu.

V Brně dne 21. 5. 2012

Podpis:\_\_\_\_\_

## **Poděkování:**

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce, doc. Ing. Karlovi Třetinovi, CSc., za poskytnutí informací, materiálů a rad k mé bakalářské práci.





# OBSAH

Úvod.....	11
1. Popis základních vlastností letounu typu A319/A320/A321 .....	13
2. Funkce klimatizačního systému .....	15
2.1 Obecný popis funkcí klimatizačního systému .....	15
2.2 Systém řízení teploty .....	16
2.2.1 Základní princip .....	16
2.2.2 Funkce systému turbochladiče .....	17
2.3 Systém řízení tlaku .....	18
2.3.1 Základní princip řízení tlaku .....	18
2.4 Ovládání klimatizačního systému. ....	19
2.4.1 Regulace teploty a rychlosti proudění .....	20
2.4.2 Regulace tlaku .....	21
2.5 Ventilace avioniky a nákladových prostorů .....	22
2.6 Indikace klimatizačního systému na ECAM .....	22
3. Činnost klimatizačního systému při poruše některých jeho částí .....	27
4. Nouzové postupy při poruše a selhání klimatizačního systému.....	29
4.1 Vliv poruchy klimatizačního systému na posádku a cestující.....	29
4.2 Příklady nouzových postupů .....	30
Závěr .....	33



## ÚVOD

Jak se během historie letouny vyvíjely a létaly stále rychleji a výš, bylo nutné zajistit, aby podmínky na palubě byly stále snesitelné pro posádku. To se ze začátku, zejména v armádě, řešilo pomocí kyslíkových masek. Jenže jak postupně vývoj pronikal i do civilního letectví, bylo nutné zajistit na palubě stálou teplotu, tlak a výměnu vzduchu. Klimatizační systém se tak stal nedílnou součástí všech dopravních letadel. Bez něj by nebylo prakticky možné provozovat leteckou dopravu ve velkých výškách a létání by tak bylo velmi nákladné. Klimatizační systém je tedy velmi důležitá část letounu. Pro piloty je důležité, aby byli obeznámeni s principem činnosti, funkcí a ovládáním celého systému. Také je nutné mít vypracované nouzové postupy pro situace, kdy dojde k selhání systému. V konkrétních situacích musí být posádka schopna řešit nastalé problémy.

Práce se zabývá obecnými principy klimatizačních systémů a principem vybraného typu letounu. Dále potom činností systému při poruchách a možným vlivem na posádku a cestující.

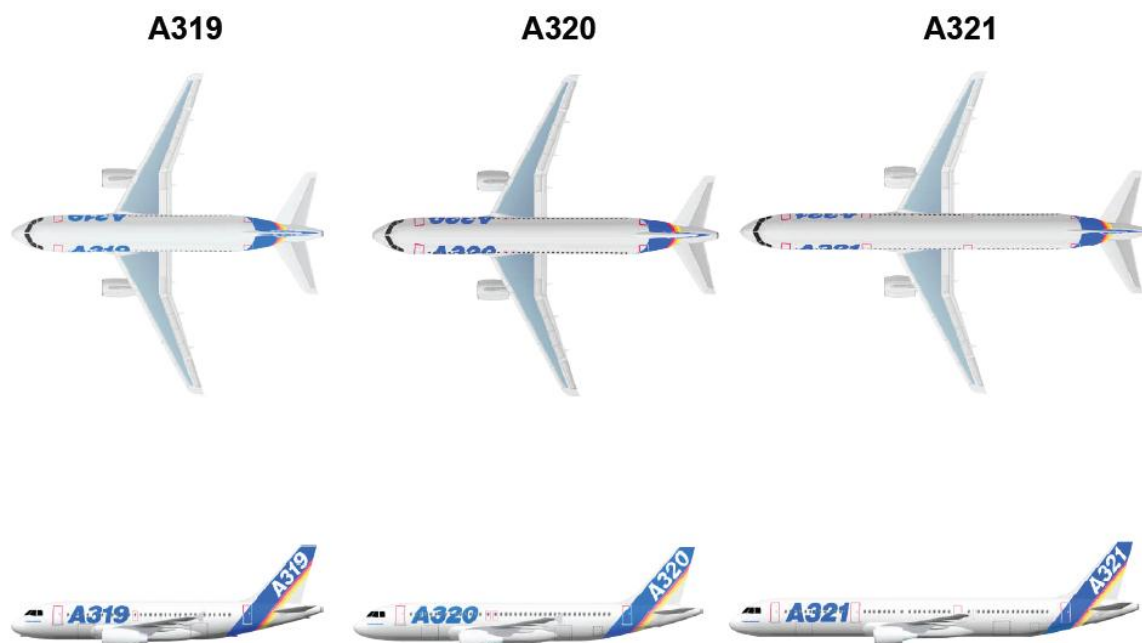


# 1. POPIS ZÁKLADNÍCH VLASTNOSTÍ LETOUNU TYPU A319/A320/A321

Pro tuto práci byly zvoleny letouny výrobce Airbus Industries, typ A319/A320/A321. Jedná se o civilní dopravní letouny pro krátké a střední vzdálenosti. Tyto typy letounů patří k nejrozšířenějším dopravním letounům na světě. Jejich provoz byl zahájen v dubnu v roce 1988. V dubnu 2012 bylo evidováno 4947 letounů, vycházející z konceptu A320, v provozu.

A320 vyžaduje dvoučlennou posádku. Je vybaven systémem fly-by-wire. Ovládací joystick je umístěn netradičně na straně. Letoun je vybaven glass-kokpitem. Systém avioniky je designován tak, aby bylo možné snadno provést úpravy na nejmodernější systémy. Tak může letoun i po dvaceti letech provozu zůstat stále na vysoké technologické úrovni.

Klimatizační systém ve všech třech typech letounů pracuje na stejném principu. Letouny A319/A321 vycházejí z konceptu A320. Letouny se liší délkou trupu. Z toho plynou rozdílné hmotnosti a dolety jednotlivých typů.



*Obr. 1-1 Rozdíly*

	A319	A320	A321
Rozpětí	34,1 m		
Délka	33,84 m	37,57 m	44,51 m
Výška	11,76 m		
Průměr trupu	3,95 m		
Šířka podvozku	7,59 m		
Max. počet pasažérů	145	180	220
Max. vzletová hmotnost (MTOW)	64000 kg	73500 kg	83000 kg
Max. hmotnost pro přistání (MLW)	61000 kg	64500 kg	73500 kg
Dolet	6850 km	6150 km	5950 km

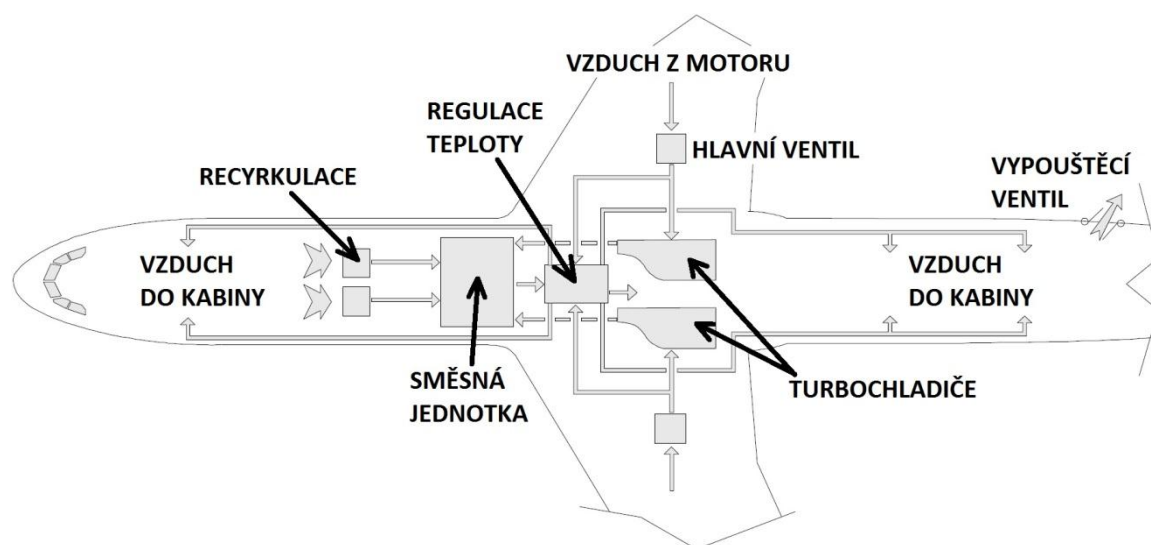
## 2. FUNKCE KLIMATIZAČNÍHO SYSTÉMU

### 2.1 Obecný popis funkcí klimatizačního systému

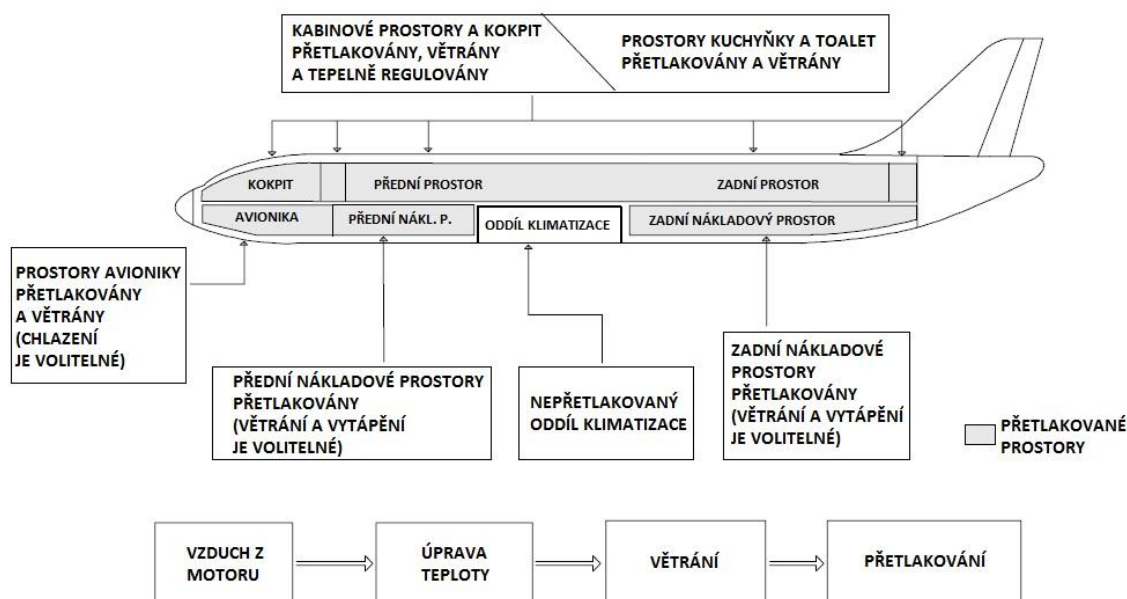
Klimatizační systém udržuje vzduch, v přetlakovaných částech letounu, na správné hladině teploty, čerstvosti a tlaku. Vzduch je do systému dodáván z motorů nebo z APU. Potom je vzduch upraven teplotně pomocí tepelné regulačního subsystému. Tlakový subsystém zajišťuje tlak v kabině, vhodný pro posádku a cestující.

Obecně platí, že kabina dopravních letounů se přetlakuje maximálně na 7-9 psi. Vyšší tlak by mohl způsobit poškození konstrukce trupu letounu. Přetlakování se provádí dvěma způsoby. Při prvním způsobu se kabinová výška snižuje spolu s výškou letadla až do optimální kabinové výšky, kdy kabinová výška zůstává konstantní až do maximálního přetlaku. U druhého způsobu je kabinová výška udržována na nulové výšce, až do dosažení maximálního přetlaku. Potom začne klesat tak aby nedošlo k překročení maximálního přetlaku. Průběh je znázorněn v příloze č. 2.

Proud vzduchu, dodáván z motorů, je regulován před tím, než dosáhne dva turbochladiče, které zajišťují základní regulaci teploty. Vzduch, dodáván turbochladiči, je smíchán s recirkulovaným vzduchem, jdoucím z kabinových, prostor ve směsné jednotce. Konečná regulace teploty vzduchu, jdoucího do přetlakovaných prostor letounu, je zajištěna přimícháním horkého vzduchu do vzduchu, jdoucího ze směšovací jednotky. Správné přetlakování je zajištěno řízením upouštění vzduchu přes vypouštěcí ventil.



Obr. 2-1 Základní princip



Obr. 2-2 Přetlakované prostory

## 2.2 Systém řízení teploty

### 2.2.1 Základní princip

#### Základní princip

Rychlost proudu horkého vzduchu, který jde z odvětrávacího systému motoru, je upravena předtím, než vstoupí do turbochladiče, kde je vzduch upravován teplotně. Tlak horkého vzduchu je udržován nad kabinovým tlakem. To umožňuje proud horkého vzduchu proudění do vzduchového zásobování, pokud je to nezbytné. Část vzduchu z kabiny je znovu recirkulována kvůli snížení požadavků na zásobování vzduchem.

#### Turbochladiče

Proud vzduchu z motorů je řízen před vstupem do turbochladičů hlavním ventilem. Dva nezávislé turbochladiče poté poskytují teplotně zregulovaný vzduch do směsné jednotky. Obě jednotky poskytují vzduch o stejné teplotě.

#### Směsná jednotka

Směsná jednotka mísí vzduch poskytnutý turbochladiči s částí recirkulovaného vzduchu z kabiny, který je naháněn recirkulačními ventilátory. Množství vzduchu z kabiny smíchaného s čerstvým vzduchem se pohybuje od 37% do 51%. Směsná jednotka může také přijímat vzduch z pozemních nízkotlakých zásobovačů, nebo vzduch přímo z venkovního prostředí přes nouzový náporový vstup. Nouzový náporový vstup poskytuje vzduch pro větrání vnitřních prostor letounu v případě stavu nouze (selhání obou plnicích jednotek nebo odstranění kouře).

#### Regulační tlakový ventil horkého vzduchu

Část horkého vzduchu jdoucího z motorů je zachycena do okruhu horkého vzduchu. Tlak horkého vzduchu při průchodu regulačním tlakovým ventilem je snížen na hodnotu nad kabinovým tlakem. To umožní proud horkého vzduchu do vedení studeného vzduchu.



### Trimovací ventil horkého vzduchu

Trimovací ventily, přiřazené ke každé části letounu, zajišťují dodávku horkého vzduchu do vedení studeného vzduchu pro konečnou regulaci teploty, pokud je to nezbytné. Ve vedení jsou umístěny za regulačním tlakovým ventilem horkého vzduchu.

### Dodávka vzduchu

Vzduch z klimatizačního systému je dodáván do tří základních částí letounu. Do kokpitu, přední kabiny a zadní kabiny. Za normálního provozu směšná jednotka dodává do kokpitu vzduch z turbochladiče 1 a do prostoru pro cestující z turbochladiče 2. Systém pro odvětrání toalety a kuchyňky používá vzduch z kabinových prostor. Ten je pak odveden pryč přes vypouštěcí ventil. Vzduch jdoucí z toalet a kuchyňky jde přes senzory teploty pro kabinový prostor.

### Regulace teploty

Regulace teploty probíhá automaticky a je ovládána příslušným řídicím systémem turbochladiče, který je řízen centrálním řídicím systémem. Každý řídicí systém obsahuje jeden primární a jeden, elektricky nezávislý, sekundární řídicí počítač. Sekundární počítač funguje jako záložní jednotka, v případě selhání primárního počítače.

### Řídicí systém turbochladiče

Každý systém poskytuje základní regulaci teploty a monitorování rychlosti proudění vzduchu pro svůj přiřazený turbochladič v souladu s požadavky z centrálního řídicího systému.

### Centrální řídicí systém

Centrální řídicí systém generuje signály pro oba řídicí systémy turbochladičů, pro regulaci teploty a optimálního proudu vzduchu. Dále reguluje teplotu vzduchu do jednotlivých kabinových prostor pomocí trimovacího ventilu horkého vzduchu. Nejnižší požadovaná teplota pro kabinové prostory je brána jako základní teplota udávaná pro regulaci teploty řídicích jednotek turbochladičů.

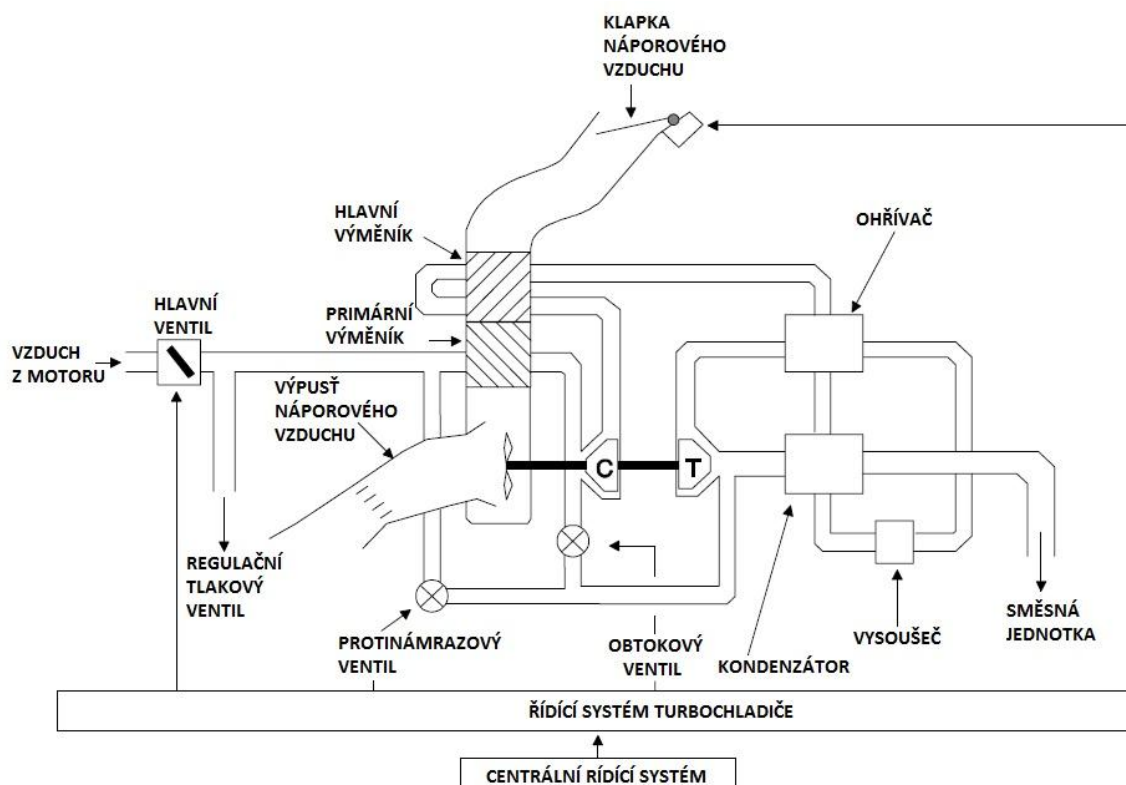
## **2.2.2 Funkce systému turbochladiče**

Vzduch dodáván z motoru jde nejdříve do hlavního ventilu, řídicího proudění vzduchu. Hlavní ventil je řízen elektricky a pneumaticky. Řízení proudu vzduchu je dosaženo pomocí elektromotoru, řídicího hlavní ventil. V případě přehřátí kompresoru turbochladiče (teplota nad 230°C) se hlavní ventil uzavírá pneumaticky. Hlavní ventil je automaticky uzavřen v případě startovací sekvence kteréhokoliv motoru. Znovu se otevírá 30 sekund po ukončení startovací sekvence motoru.

Proud vzduchu, který projde hlavním ventilem, je rozdělen. Část vzduchu jde do regulačního tlakového ventilu horkého vzduchu. Část může jít přes protinámrazový ventil. Zbytek prochází přes primární tepelný výměník, do kompresoru. Z kompresoru jde vzduch přes hlavní tepelný výměník, kde se ochlazuje. Potom proudí přes ohříváč do kondenzátoru a vysoušeč. To zajistí odstranění částic vody ze vzduchu jdoucího do turbíny.

Vzduch v turbíně se rozpíná, což má za následek velmi nízkou výstupní teplotu vzduchu (5°C). Turbína pohání kompresor a ventilátor chlazení.

Řízení teploty je prováděno pomocí bypass ventilu a klapky pro řízení náporového vzduchu. Bypass ventil přidává horký vzduch do vzduchu vystupujícího z turbíny. Klapka pro řízení náporového vzduchu upravuje chladící vzduch, jdoucí přes výměníky. Pro zvýšení výstupní teploty se bypass ventil otevírá a klapka náporového vzduchu zavírá. Pro snížení výstupní teploty se bypass ventil zavírá a klapka náporového vzduchu se otevírá. Během vzletu a přistání je klapka náporového vzduchu zcela uzavřena, což zamezuje nasátí cizích předmětů do výměníku.

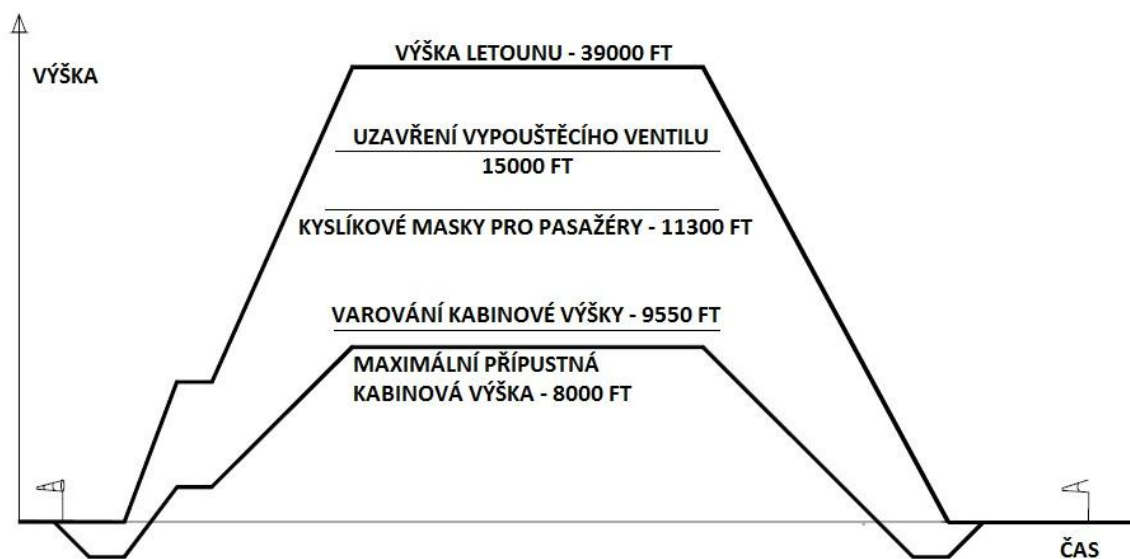


*Obr. 2-3 Schéma turbochladiče*

## 2.3 Systém řízení tlaku

### 2.3.1 Základní princip řízení tlaku.

System řízení tlaku zajišťuje kabinovou výšku vhodnou pro pohodlí posádky a cestujících. Kabinová výška je omezená do 8000 ft, s maximálním rozdílovým přetlakem 8,06 psi, pro letovou výšku 39000 ft.



*Obr. 2-4 Kabinová výška*

Přetlakování je zajištěno vypouštěním vzduchu z letounu pomocí vypouštěcího ventilu. Ten je řízen příslušnou řídicí jednotkou. Vypouštěcí ventil je dvouklapkový a poháněn elektromotory. Motor 1 je spojen s řídicím systémem 1 a motor 2 s řídicím systémem 2. Motor 3 je řízen z kabiny letounu na panelu kabinového tlaku v případě zvolení manuálního režimu ovládání. Monitorování polohy klapky vypouštěcího ventilu je zajišťováno pomocí třech potenciometrů. Potenciometry 1 a 2 poskytují zpětnou vazbu pro automatické systémy. Potenciometr 3 poskytuje vazbu pro ovládání ventilu v manuálním režimu.

Při normálním provozu je přetlakování řízeno automaticky. Systém má dvě nezávislé řídicí jednotky. Pouze jedna řídicí jednotka ovládá vypouštěcí ventil. Druhá slouží jako záloha. Přepnutí do manuálního režimu umožňuje plné ovládání přetlakování letounu.

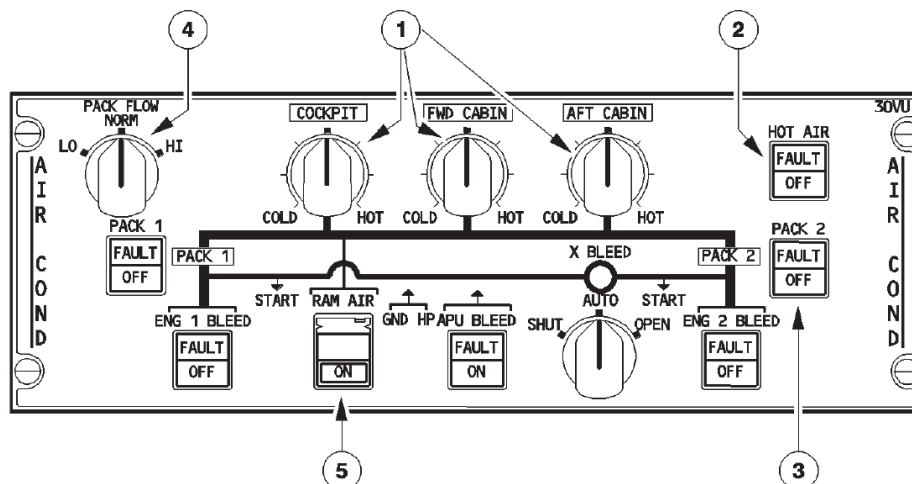
Na zadní přepážce jsou rovněž instalovány dva bezpečnostní ventily. Ty zabráňují příliš velkému pozitivnímu nebo negativnímu rozdílu tlaku v letounu, vzhledem k okolnímu prostředí. Bezpečnostní ventily jsou typu sedlové ventily. Fungují nezávisle na sobě.

## **2.4 Ovládání klimatizačního systému.**

Ovládání klimatizačního systému je umístěno na horním panelu. V příloze č. 1 je vyznačeno červenými obdélníky. Klimatizační systém může být rovněž monitorován na ECAM systémovém displeji. Informace o systému jsou udávány na následujících stranách:

- CRUISE: Teplota v přetlakovaných prostorech a parametry hlavního tlakového systému
- BLEED: Vzduch z plnicí jednotky a nouzový náporový vzduch
- AIR COND: řízení teploty v kokpitu a kabině, odvětrání a vytápění nákladového prostoru
- PRESS: přetlakování a odvětrání avioniky

## 2.4.1 Regulace teploty a rychlosti proudění



Obr. 2-5 Ovládání klimatizace

### Popis obrázku 2-5:

#### 1-Ovládání teploty:

Reguluje teplotu v kokpitu, přední kabině a zadní kabině.

- pozice COLD: 18°C
- pozice 12 hodin: 24°C
- pozice HOT: 30°C

#### 2-Tlačítko HOT AIR:

Ovládá regulační tlakový ventil horkého vzduchu a trimovací ventily horkého vzduchu.

- ON: Ventil reguluje teplotu vzduchu
- OFF: Oba ventily se uzavřou a obvod pro FAULT status je resetován
- FAULT: Signalizace kontrolky jantarové barvy, spolu s ECAM výstrahou se objeví, pokud je zjištěno přehřátí vedení vzduchu (teplota dosáhne 88°C). Ventily jsou v tomto případě uzavřeny automaticky. Světlo zhasne poté, co teplota klesne pod 70°C a posádka přepne do stavu OFF

#### 3-Tlačítko turbochladiče 1 a 2:

Ovládá ventil řízení proudu vzduchu, který je umístěn před turbochladiči.

- ON: Ventil je řízen automaticky. Je otevřen, pokud nenastane některý z následujících případů:
  - Tlak vstupního vzduchu je pod minimální hodnotou
  - Kompresor turbochladiče je přehřátý
  - Probíhá startovací sekvence motoru
  - Došlo ke spuštění hasícího systému motoru
- OFF: Ventil se uzavře

-FAULT: Signalizace kontrolky jantarové barvy, spolu s ECAM výstrahou se objeví, pokud poloha ventilu nesouhlasí s nastavenou hodnotou, nebo pokud dojde k přehřátí kompresoru turbochladiče.

#### 4-Regulace proudu vzduchu:

Umožňuje ovládání rychlosti proudu vzduchu procházející turbochladičem.

- LO: 80%
- NORM: 100%
- HI: 120%

#### 5-Tlačítko náporového vzduchu (s ochranou)

-ON: Objeví se signalizace bílé barvy ON. Pokud je tlačítko pro nouzové přistání na vodě (DITCHING PUSHBUTTON), na panelu řízení tlaku, v normální poloze:

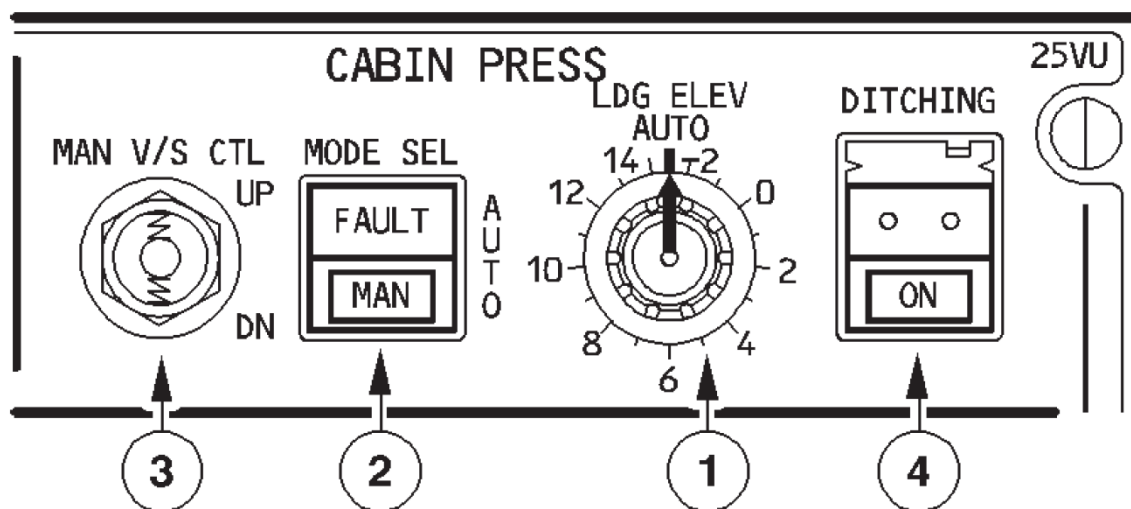
-Vstup náporového vzduchu se otevře

-Pokud je  $\Delta p \geq 1$  psi, vypouštěcí ventil pracuje normálně. Žádný náporový vzduch neproudí dovnitř.

-Pokud je  $\Delta p < 1$  psi, vypouštěcí ventil je při automatickém režimu otevřen na 50%, při manuálním režimu se automaticky neotevívá. Náporový vzduch proudí přímo do směšné jednotky.

-OFF: Vstup náporového vzduchu se uzavře.

## 2.4.2 Regulace tlaku



Obr. 2-6 Ovládání přetlakování

#### Popis obrázku 2-6:

1 - Volení výšky pro přistání:

- pozice AUTO: normální provozní podmínky
- jiná pozice: zařízení je v poloautomatickém režimu. Přesné nastavení je indikováno na ECAM zařízení (obr. 2-10). Volí se výška letiště v případě použití QNH nebo 0 v případě použití QFE.

## 2 - Tlačítko režimu řízení tlaku:

- pozice AUTO: vypouštěcí ventil je řízen automaticky pomocí aktivního systému
- pozice MAN: ovládání tlaku je řízeno manuálně

## 3 – Manuální ovládání tlaku:

- UP: vypouštěcí ventil se otevírá
- DN: vypouštěcí ventil se zavírá

## 4 - Tlačítko pro přistání na vodě:

- pozice ON: uzavře vypouštěcí ventil, ventil turbochladiče, vstup náporového vzduchu a výpusť větrání avioniky

## 2.5 Ventilace avioniky a nákladových prostorů

V dolní části trupu letounu je vpředu prostor s avionikou. Za ním jsou umístěny přední a zadní nákladové prostory. Všechny těchto prostorech je rovněž zajištěno přetlakování. Odvětrávání je vždy pouze v prostoru pro avioniku. V nákladových prostorech se jedná o volitelnou funkci. Prostor pro avioniku může být také vybaven chlazením.

### Ventilace Avioniky

Ventilace avioniky je automaticky řízena systémem AEVC (Avionics Equipment Ventilation Computer) a nevyžaduje žádné vstupy ze strany posádky. Konfigurace systému AEVC závisí na tom, jestli je letoun na zemi nebo ve vzduchu a na teplotě povrchu trupu. Odvětrávání avioniky může být zajišťováno ve dvou režimech. Režim otevřeného okruhu a režim uzavřeného okruhu.

V režimu otevřeného okruhu je vzduch do systému nasáván přes ventil na povrchu letounu. Vzduch je použitý na ochlazení avioniky a poté se pomocí ventilátoru extrahuje ven z letounu. Tento režim se používá, pokud je letoun na zemi.

V režimu uzavřeného okruhu je extrahovaný vzduch naháněn do chladiče pod povrchem trupu letadla. Poté je přiveden zpět k přístrojům avioniky.

### Ventilace nákladového prostoru

Vzduch je do nákladových prostorů přiveden z kabinových prostorů přes izolační ventil. Horký vzduch může být přimíchán do vzduchu jdoucího z kabiny. To umožňuje posádce regulaci teploty v nákladovém prostoru. Vzduch extrahovaný z nákladového prostoru jde ven z letounu. Ventilaci zajišťuje odsávací ventilátor. Odsávací ventilátor je vypnut a ventily uzavřeny, pokud dojde k detekci kouře v nákladovém prostoru.

## 2.6 Indikace klimatizačního systému na ECAM

ECAM (Electronic Centralized Aircraft Monitor) je systém, který umožňuje sledování funkcí ostatních systémů v letounu. Monitory ECAM jsou umístěny na středovém panelu v kokpitu. Ačkoli systém umožňuje rozsáhlé monitorování velkého množství systémů v letounu, v této práci je zahrnuto pouze monitorování klimatizačního systému.

## Strana CRUISE

Tato strana je zobrazena normálně během letu. Jsou zde obsaženy základní informace z více systémů. Pro účely klimatizačního systému jsou zde zobrazeny základní údaje o teplotě a tlaku.

### Popis obrázku 2-7:

- 1 – Indikace prostoru. Bílá barva
- 2 – Teplota v kokpitu. Zelená barva
- 3 – Výška pro přistání
- 4 – Kabinová výška a kabinová vertikální rychlost
- 5 – Rozdílový tlak mezi vnitřním a vnějším prostředím



Obr. 2-7 Strana CRUISE

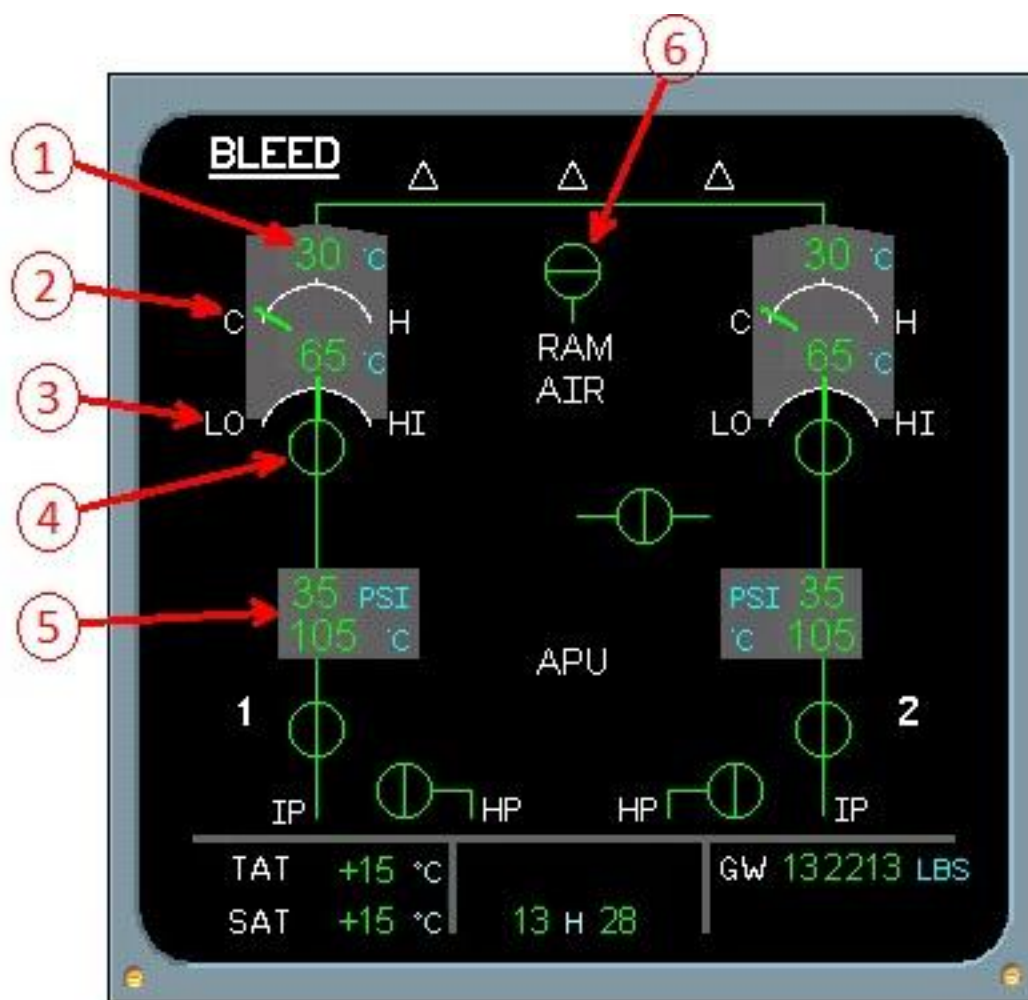
Teplota může být na ECAM displeji zobrazena ve stupních Celsia i ve stupních Fahrenheita. Na obrázku je vidět nastavení přistávací výšky v automatickém režimu, signalizováno zeleným nápisem AUTO. V případě manuálního nastavení je signalizace zobrazena jako MAN v zelené barvě.

## Strana BLEED

Na této straně se zobrazuje funkce turbokompresorů a používané zdroje vzduchu. V příloze č. 3 je příklad zobrazení indikace při přehřátí vzduchu jdoucího z motoru. V příloze č. 4 je příklad zobrazení indikace přehřátí kompresoru.

### Popis obrázku 2-8:

- 1 – Výstupní teplota z turbokompresoru
- 2 – Pozice bypass ventilu,  
C – studená, ventil uzavřen  
H – teplá, ventil otevřen
- 3 – Rychlost proudění vzduchu.
- 4 – Hlavní ventil
- 5 – Vstupní tlak a teplota vzduchu
- 6 – Ventil náporového vzduchu



Obr. 2-8 Strana BLEED

Indikace je za normálního provozu zbarvena zeleně. V případě poruchy, např. přehřátí kompresoru, nebo pokud pozice ventilu neodpovídá zvolené hodnotě, se indikace zbarví jantarově.



## Strana COND

Na této straně se zobrazuje teplota v kokpitu a přední a zadní části kabiny. Zobrazuje se zde nastavení trimovacích ventilů horkého vzduchu a funkce tlakového ventilu horkého vzduchu.



Obr. 2-9 Strana COND

### Popis obrázku 2-9:

- 1 – Indikace prostoru (bílá) a teploty (zelená)
- 2 – Indikace nastavené teploty
- 3 – Pozice trimovacího ventilu horkého vzduchu
- 4 – Pozice tlakového ventilu horkého vzduchu
- 5 – Výstupní izolační ventil
- 6 – Vstupní izolační ventil

Izolační ventily slouží pro odvětrávání nákladového prostoru, pokud je jím letoun vybaven. Ostatní indikace ohledně nákladového prostoru mají stejný význam jako pro prostory pro posádku a pro cestující. V příloze č. 5 je příklad zobrazení indikace s uzavřeným tlakovým ventilem.

## Strana PRESS

Na této straně se zobrazují údaje o přetlakování.



Obr. 2-10 Strana PRESS

### Popis obrázku 2-10:

- 1 – Kabinová výška
- 2 – Kabinová vertikální rychlost
- 3 – Nastavení výšky pro přistání.
- 4 – Tlakový rozdíl mezi vnějším a vnitřním prostředím
- 5 – Poloha bezpečnostního ventilu
- 6 – Poloha vypouštěcího ventilu

### 3. ČINNOST KLIMATIZAČNÍHO SYSTÉMU PŘI PORUŠE NĚKTERÝCH JEHO ČÁSTÍ

Centrální řídicí systém klimatizační soustavy obsahuje dva kanály, primární a sekundární. Primární kanál řídí klimatizační systém za normálních podmínek. Sekundární kanál pracuje současně s primárním kanálem. V případě selhání primárního kanálu přebírá sekundární kanál řízení klimatizačního systému. V případě selhání sekundárního kanálu se ztrácí záložní funkce systému.

Pokud řídicí systém turbochladiče není schopen regulovat teplotu, je teplota regulována protinámrazovým ventilem. Protinámrazový ventil je za normálního provozu řízen pomocí cívky. Pokud je cívka bez energie, je ventil řízen pneumaticky tak, že udržuje výstupní teplotu turbochladiče na 15°C.

#### Klapka náporového vzduchu

Klapka pro vstup náporového vzduchu může být otevřena v případě selhání obou turbochladičů, nebo odstranění kouře. Klapka se otevře, pokud je aktivována a není aktivován DITCHING(uzavření vnějších ventilů pro přistání na vodě). Mezi klapkou náporového vzduchu a směsnou jednotkou je umístěn kontrolní ventil. Ten se otevře až pokud rozdíl tlaku mezi venkovním a vnitřním prostředím klesne pod 1 psi. Proto je nutné sestoupit pod FL100 aby bylo možné náporový ventil použít.

#### Turbochladič

Turbochladič je vybaven teplotním senzorem kompresoru, který posílá údaje o teplotě řídicí jednotce. Na základě těchto informací řídí jednotka teplotu turbochladiče a detekuje přehřátí. Turbochladič je také vybaven nezávislým pneumatickým senzorem přehřátí. Do 180°C je normální provozní teplota. Od 180°C do 220°C řídicí jednotka otevírá klapku náporového vzduchu turbochladiče. Při 230°C pneumatický senzor začne uzavírat hlavní ventil turbochladiče. Při 260°C dojde k úplnému uzavření hlavního ventilu. Signalizace turbochladiče FAULT se objeví, pokud dojde k dosažení 260°C a nebo pokud dojde k dosažení 230°C čtyřikrát během letu.

#### Únik tlaku

Pokud kabinová výška překročí 9550 ft, objeví se signalizace MASTER WARN, zvuková signalizace a indikace kabinové výšky se zbarví červeně.

V případě selhání systému 1 nebo 2 se pouze indikace nefunkčního systému zbarví jantarově. Přetlakování kabiny je automaticky převedeno na funkční systém. Při selhání obou systémů se objeví signál MASTER CAUT a FAULT, ozve se zvuková výstraha a indikace se zbarví jantarově. Musí být použit manuální režim přetlakování, aby se udržel tlak v kabině.

V případě vysokého rozdílu tlaku mezi vnitřním a vnějším prostředím dojde k otevření bezpečnostních ventilů. V tomto případě se objeví signál MASTER CAUT, ozve se zvuková výstraha a indikace se zbarví jantarově. Musí být použit manuální režim přetlakování, aby se redukoval tlak  $\Delta p$ .



## 4. NOUZOVÉ POSTUPY PŘI PORUŠE A SELHÁNÍ KLIMATIZAČNÍHO SYSTÉMU

V případě že dojde k poruše klimatizačního systému, musí posádka letounu provést taková opatření, aby byly zachovány podmínky pro přežití cestujících. Také by se mělo zajistit, aby vzniklá závada nezpůsobovala rozsáhlejší poškození. Pro nouzové situace jsou vypracovány postupy, které jsou uvedeny v letové příručce.

### 4.1 Vliv poruchy klimatizačního systému na posádku a cestující

Zemská atmosféra je složená z 78% dusíku, 21% kyslíku a 1% ostatních látek. Při nulové nadmořské výšce je atmosférický tlak 1013,25 hPa nebo také 760 mmHg. Průměrná teplota je cca 15°C. Lidský organizmus je od přírody přizpůsoben těmto podmínkám. V dnešní době se ale letouny běžně pohybují ve výškách, kde jsou podmínky jiné, pro člověka zcela nevhodné. Účelem klimatizačního systému je tedy udržet v letounu atmosférické podmínky, podobné těm na zemi nebo v malých výškách.

Z procentuálního složení a tlaku atmosféry lze určit tzv. parciální tlak kyslíku v atmosféře. Při nulové nadmořské výšce je cca 213 hPa. Pokud se sníží procentuální množství kyslíku v atmosféře nebo atmosférický tlak, sníží se také parciální tlak kyslíku. Při rostoucí výšce je tedy nutné uměle udržovat v letounu přetlak, případně zvýšit množství vdechovaného kyslíku pomocí kyslíkové masky.

Pokud dojde ke snížení parciálního tlaku kyslíku vlivem stoupání letounu a není to nijak kompenzováno, začnou se u člověka projevovat příznaky hypoxie. Do nadmořské výšky 3000 m je lidský organizmus schopen zcela kompenzovat úbytek parciálního tlaku kyslíku. Můžou se projevit první příznaky hypoxie což bývá nejčastěji zhoršení nočního vidění. Při delším pobytu únava, bolest hlavy a snížení výkonnosti. Ve výšce 3000-4500m se organizmus pokouší o kompenzaci zrychlenou tepovou frekvencí a zrychleným dýcháním. Celková výkonnost organismu je ale snížena. Ve výškách 4500-6000m se již plně projevují příznaky hypoxie. Jsou to ztráta logického myšlení, poruchy koncentrace, ztráta krátkodobé paměti, poruchy motoriky, zhoršené periferní vidění a ztráta sebekontroly. Ve výškách nad 6000m již dochází ke ztrátě užitečného vědomí. Rychlost stoupání ovlivňuje rychlost nástupu příznaků hypoxie. Čím rychleji se stoupá tím rychleji se příznaky objeví.

Až do výšky 8000m je možné snížení tlaku kompenzovat kyslíkovým přístrojem. Nad 8000m už je nutno použít přetlakování, protože kvůli nízkému tlaku není možné dosáhnout požadovaného parciálního tlaku kyslíku ani v atmosféře se 100% koncentrací kyslíku.

Dojde-li ve vyšších výškách k náhlému úniku tlaku (explozivní dekomprese), Dochází ke ztrátě užitečného vědomí. V čím vyšší výšce k dekompresi dojde, tím kratší je doba užitečného vědomí (DUV).

Výška	5500 m	6000 m	7500 m	9000 m	11000 m	12000 m	13000 m
DUV	30-40 min	5-10 min	3-5 min	45-90 sec	30-45 sec	15-25 sec	12-18 sec

Z rostoucí výškou kromě tlaku klesá i teplota vzduchu. Při stoupání se každých 1000 m sníží teplota přibližně o 6,5°C a to až do výšky 11000 m, kde se ustálí na -56°C. Při selhání klimatizačního systému ve velkých výškách může též vlivem nízké teploty dojít k podchlazení posádky a cestujících.

Normální tělesná teplota bývá 37°C. Pokud dojde ke snížení o 1-2 °C, nastává 1. stadium hypotermie. Projeví se příznaky jako svalový třes, krevní cévy se zužují a vytvoří se tzv. husí kůže. Bývá to též doprovázeno silnou únavou a nevolností. Při snížení tělesné teploty o 2-4 °C nastává 2. stadium hypotermie. Pocit chladu vystřídá pocit tepla. Tělo odvádí krev k vnitřním orgánům což vede k pomalým a namáhavým pohybům. Projevuje se zmodráním rtů a zblednutím kůže. Pokud klesne teplota pod 32°C nastává 3. stadium hypotermie. Svalový třes ustává, objeví se potíže s mluvením a chůze je pro člověka téměř nemožná. V těle se zastavují buněčné procesy a puls a dýchání se zpomaluje.

## 4.2 Příklady nouzových postupů

Následující příklady uvádí doporučené postupy při různých závadách na klimatizačním systému.

### 1. Příklad:

Za letu dojde k přehřátí kompresoru turbochladiče. Posádka je upozorněna zvukovým signálem a světelnými signály MASTER WARN a PACK FAULT 1 (2).

V tomto případě je postup následující:

1. Posádka vypne příslušný turbochladič.
2. Jakmile přehřátí zmizí, znovu zapnout turbochladič

V tomto případě posádka pouze odstaví přehřátý turbochladič aby nedošlo k jeho následnému poškození vlivem přehřátí. V případě odstavení jednoho turbochladiče je na druhém automaticky zvolen režim rychlého proudění vzduchu. Zbývající turbochladič je schopen plně pokrýt dodávku vzduchu do kabinových prostor. Proto není zapotřebí rozsáhlejších nouzových postupů.

### 2. Příklad:

Během letu dojde postupně k selhání obou turbochladičů. Posádka je upozorněna zvukovým signálem a světelnými signály MASTER WARN a PACK FAULT 1 a 2.

V tomto případě je postup následující:

1. Vypnout oba turbochladiče
2. Vyklesat do FL100 nebo do MEA, podle toho co je výš
3. Pokud je rozdílový tlak  $\Delta p < 1$  psi a výška je pod FL100 nebo MEA zapnout dodávku náporového vzduchu
4. Pokud bylo selhání způsobeno přehřátím, zapnout turbochladiče, jakmile se ochladí.

Pozn.: Signalizace PACK FAULT zmizí, jakmile dojde k obnově funkce systému.

Při selhání obou turbochladičů dochází ke ztrátě možnosti vytápění a odvětrávání. K dekompresi nedochází, protože vypouštěcí ventil se automaticky uzavírá. Nicméně posádka musí letoun postupně převést do nižší letové hladiny, kde je teplota a tlak vzduchu vyšší. V bezpečné letové hladině je možno odvětrávání zajistit pomocí náporového vzduchu.

### 3. Příklad:

Za letu dojde k úniku tlaku vzduchu z kabiny. Posádka je upozorněna zvukovým signálem a světelnými signály MASTER WARN a indikace kabinové výšky se zbarví červeně.

V tomto případě je postup následující:

1. Posádka si musí nasadit kyslíkové masky pokud je letoun nad FL100
2. Zahájit nouzový sestup do FL100 nebo MEA
  - motory na volnoběh
  - aerodynamické brzdy na plno
  - rychlost na maximum, nebo pokud je podezření na poškození trupu, tak na vhodnou rychlost
3. Zapnout signalizaci zapnutí bezpečnostních pásů
4. Režim motorů IGN"
5. Upozornit řízení letového provozu, nastavit 7700 na odpovídači
6. Pokud kabinová výška přesahuje 14000 ft, manuálně zapnout masky pro cestující

Únik tlaku vzduchu z kabinových prostor je vážný incident. Zde dochází k přímému ohrožení zdraví posádky a cestujících. Posádka proto musí co nejdříve vyklesat do bezpečné letové hladiny a co nejdříve s letounem přistát. Kyslíkové masky pro cestující by se měli automaticky spustit, pokud kabinová výška přesáhne 11300 ft. Posádka by měla aktivovat jejich manuální spuštění jen pro případ, že se automaticky neaktivují. Piloti by se rovněž měli ujistit, že i když mají nasazené kyslíkové masky, jsou stále schopni spolu komunikovat.





## ZÁVĚR

Znalost principu každého systému je klíčem k pochopení jeho funkce. To platí o všech systémech, nejen o klimatizačním. Piloti by měli mít povědomí o tom, jak jejich stroj pracuje. Znalost postupů podle předpisů je pouze poloviční znalostí celé problematiky. V historii se již bohužel událo několik leteckých neštěstí, které byly zapříčiněny nedbalostí a nedodržováním postupů. Nejtragičtější událost v poslední době, způsobená právě špatným ovládním klimatizačního systému, byla v roce 2005 u společnosti Helios. Při vyšetřování této nehody se zjistilo, že piloti zanedbali nastavení klimatizačního systému. Tento případ jasně dokazuje, že žádný problém nesmí být podceňován. Statistiky nám říkají, že největší podíl na nehodách v letecké dopravě má lidský faktor. Dnešní letouny jsou sice vybaveny velkým množstvím automatizace a zabezpečení, jenže na konci toho bude pořád vždycky člověk.



## Použité zdroje:

- [1] AIRBUS INDUSTRIE. *A319/A320/A321 TECHNICAL TRAINING MANUAL MECHANICS / ELECTRICS & AVIONICS COURSE 21 AIR CONDITIONING* [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: [http://www.avdyne.com/airbus\\_training/21zAircond.pdf](http://www.avdyne.com/airbus_training/21zAircond.pdf)
- [2] SMARTCOCKPIT.COM. *A319/A320/A321 Air Cond - Press - Vent* [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.smartcockpit.com/pdf/plane/airbus/A320/systems/0026/>
- [3] AIRBUS INDUSTRIE. *A319/A320/A321 Flightdeck and systems briefing for pilots* [online]. 1999 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: [http://www.smartcockpit.com/data/pdfs/plane/airbus/A320/misc/A320\\_Flight\\_Deck\\_and\\_Systems\\_Briefing\\_For\\_Pilots.pdf](http://www.smartcockpit.com/data/pdfs/plane/airbus/A320/misc/A320_Flight_Deck_and_Systems_Briefing_For_Pilots.pdf)
- [4] HÁČIK, Ľubomír. *Lidská výkonnost a omezení (040 00): dočasná učebnice : [učební texty dle předpisu JAR-FCL 1]*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 96 s. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. ISBN 80-720-4471-0.
- [5] *A320 DISPLAYS AND PANELS* [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.efbdesktop.com/index.html>
- [6] AEROFLOT. *A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL, SYSTEM DESCRIPTION 1* [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.avsimrus.com/f/documents-16/fcom-airbus-a318319320321-aeroflot-26699.html>
- [7] AEROFLOT. *A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL, FLIGHT OPERATIONS 3* [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.avsimrus.com/f/documents-16/fcom-airbus-a318319320321-aeroflot-26699.html>
- [8] CS-25. *Certification Specifications for Large Aeroplanes*. Brussels: European Aviation Safety Agency, 2011. Dostupné z: <http://www.easa.europa.eu/agency-measures/certification-specifications.php#CS-25>
- [9] JAR-OPS 1. *Commercial Air Transportation (Aeroplanes)*. Saturnusstraat: Joint Aviation Authorities, 2007. Dostupné z: <http://www.jaa.nl/publications/jars/jar-ops-1.pdf>



## Seznam použitých zkratek:

### Anglické zkratky:

APU	Auxiliary power unit	
AEVC	Avionics Equipment Ventilation Computer	
ECAM	Electronic centralized aircraft monitor	
FL	Flight level	Letová hladina
MEA	Minimum en-route Altitude	Minimální nadmořská výška na trati
QFE		Atmosférický tlak vztažený k výšce letiště nad mořem
QNH		Atmosférický tlak redukováný na střední hladinu moře podle podmínek standardní atmosféry,

### České zkratky:

DUV	Doba užitečného vědomí
-----	------------------------

## Převody jednotek

### Délka:

Stopa	1 ft = 0,3048 m
Námořní míle	1 nm = 1852 m

### Rychlost:

Uzel	1 kt = 1,852 km/h
------	-------------------

### Tlak:

Libra na palec čtvereční	1 psi = 6895 Pa
Milimetr rtuťového sloupce	1 mmHg = 133,322 Pa



# Přílohy

